

Evolución del incremento de rendimiento del maíz

Algunos ejemplos de cómo los rendimientos han continuado aumentando año tras año hasta hoy



Actualmente se cultivan en el mundo alrededor de 170 millones de hectáreas de maíz, de las cuales unas 400.000 ha están en España (Magrama, 2016). Resulta pues muy interesante agronómica y económicamente conocer la evolución de los rendimientos de este cultivo tan importante en el mundo y en nuestro país. En este artículo se van a presentar algunos ejemplos de los incrementos de rendimiento del maíz de la bibliografía mundial, así como resultados de un ensayo de larga duración llevado a cabo en Lleida.

E. Martínez, A. Maresma, F. Santiveri y J. Lloveras.

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària. Universitat de Lleida.

El incremento de rendimiento de los cultivos es un tema de permanente interés, y más en los últimos años en que se hace tanto énfasis en su necesidad debido al futuro incremento de un tercio de la población mundial para el año 2050 (FAO, 2009).

El maíz es uno de los tres cereales más importantes en el mundo. Según la

FAO (2016), la previsión de producción de cereales en 2016 ha sido un 1,5% superior a la de 2015, compuesta principalmente por 1.027 millones de toneladas de maíz, 749 millones de toneladas de trigo y 498 millones de toneladas de arroz.

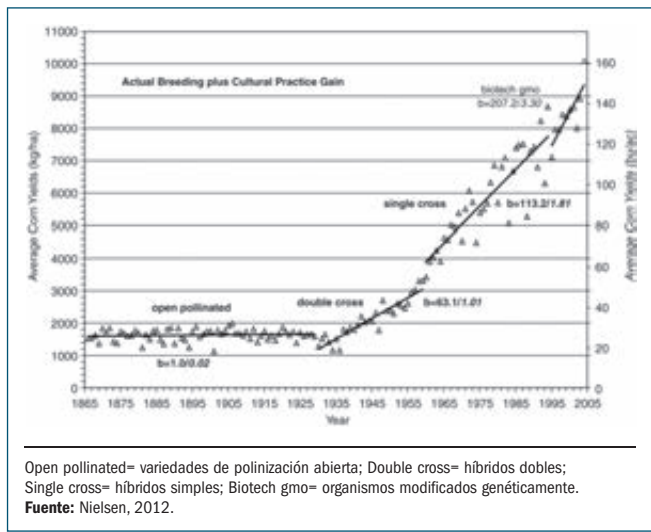
Algunos resultados

Es bien sabido por agricultores y agrónomos que el maíz es un cultivo de éxito, y ello se puede observar analizando los incrementos de producción conseguidos en los EE.UU., primer productor mundial, y en va-

rios países desde la década de 1930 (Carwell, 1982). También en España se ha producido este incremento, si bien con algunos años de retraso debido a una introducción más tardía de los híbridos (Serra *et al.*, 2007).

Los incrementos de rendimiento conseguidos en EE.UU. están muy bien documentados y fueron, para el periodo (1930-1980), de 85-110 kg/ha/año. En parte fue debido a la mejora vegetal (principalmente a las variedades híbridas) y también a la mejora de las técnicas agronómicas (Carwell,

FIG 1. Incrementos de rendimiento del maíz en EE.UU desde 1866 a 2004.



1982). Datos similares se han obtenido en varios países como Argentina, China, Francia, etc. (Duvick, 2005; Piraux, 2009) (figura 1).

En España, que sepamos, hay muy pocos estudios sobre la evolución del rendimiento del maíz, y solo uno realizado por Serra *et al.*, (2007) analiza la situación en España y Cataluña determinando la ganancia anual de rendimiento.

Según las evaluaciones del estudio de Serra *et al.*, (2007), entre los años 1900 y 1950, no hubo apenas incrementos de rendimiento en el maíz, cuando las variedades empleadas eran



Campo de ensayo de maíz en Gimenezs (Lleida).

FENDT

**Un matiz de
verde diferente.**

quality.fendt.com/es

Para garantizar que es capaz de llevar a cabo su trabajo con un nivel mínimo de fatiga o estrés, desde el primer momento nos hemos concentrado en conseguir la máxima fiabilidad. Puede comprobar la atención que prestamos a los detalles incluso en el color. El resultado: el verde más fresco y actual del sector de la maquinaria agrícola.

Conoce todo sobre el verde Fendt Nature Green y nuestra garantía de calidad en quality.fendt.com/es

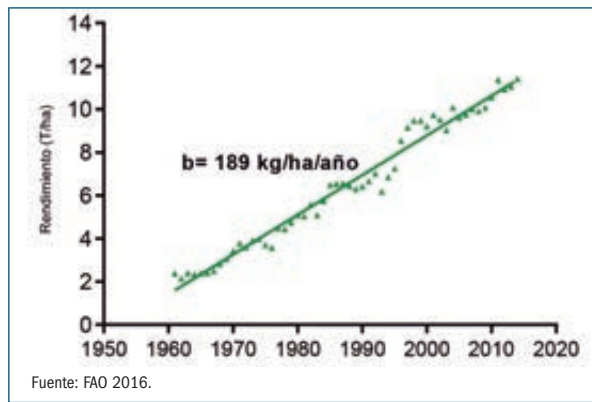
de polinización abierta. A partir de ahí, con la introducción de los primeros híbridos (híbridos dobles), los incrementos de rendimiento en los regadíos españoles fueron de 44 kg/ha/año entre los años 1950 y 1967. Desde entonces y hasta 2006, sembrándose ya híbridos simples, fueron de 193 kg/ha/año.

Los datos facilitados por la FAO (2016) y el Magrama (2016) han permitido determinar la ganancia en España para el periodo de 1961 a 2014, que ha sido de 189 kg/ha/año (figura 2), siendo esta ganancia muy similar a la publicada por Serra *et al.*, (2007). Si se analizan los últimos diez años por separado, concretamente el periodo de 2004 a 2014, la ganancia anual ha sido de 176 kg/ha/año.

En Cataluña se estimaron unos incrementos medios en los últimos treinta años (1977-2006) de 185 kg/ha/año en los regadíos de Lleida y de 225 kg/ha/año en los regadíos de Girona (Serra *et al.*, 2007).

Por otro lado, en Argentina, por ejemplo, se han publicado incrementos algo menores para el periodo de 1993-2012, en el que algunos ensayos muestran que la ganancia ha sido de 129 kg/ha/año, con producciones medias de 12,5 t/ha (Van

FIG 2. Evolución de los rendimientos medios del maíz en España.



Becelaere *et al.*, 2014).

En general, el maíz se cultiva en España en zonas de regadío, exceptuando zonas como Galicia y algunas partes de la Cornisa cantábrica, Navarra y Cataluña, donde el maíz no se suele regar. Por ello, y por alguna otra zona con bajos rendimientos, las producciones en los regadíos suelen ser más elevadas que las medias conjuntas de toda España presentadas en algunos gráficos. La producción media de maíz en España en 2014 se cifró en 11.411 kg/ha (Magrama, 2016). A este respecto también cabe decir que existen diferencias considerables entre comunidades autónomas, siendo Castilla-La Mancha la más productiva en rendimiento por hectárea (Coop. Agroalimentarias, 2016).

Diversos autores (Carwell, 1982; Duvick, 2005; Krishna, 2013) indican que los incrementos de producción conseguidos en el maíz no han sido solo debidos a la mejora genética, a la que se le atribuye alrededor del 50% de la ganancia, sino también al conjunto de la mejora de la gestión del cultivo y de las prácticas culturales que lo acompañan. Éstas son o han sido, además del regadío, básicamente la disponibilidad de abonado nitrogenado, pero también el control de malas hierbas, las siembras en el momento adecuado, las densidades de plantas, el uso de marcos de siembra idóneos, los ideotipos de planta, la resistencia al encamado, la resistencia a altas y a bajas temperaturas, mejoras en el equipo de cosecha, etc. Sin la interacción del genotipo (variedad) x ambiente (prácticas culturales) no se hubiera conseguido el mencionado progreso.

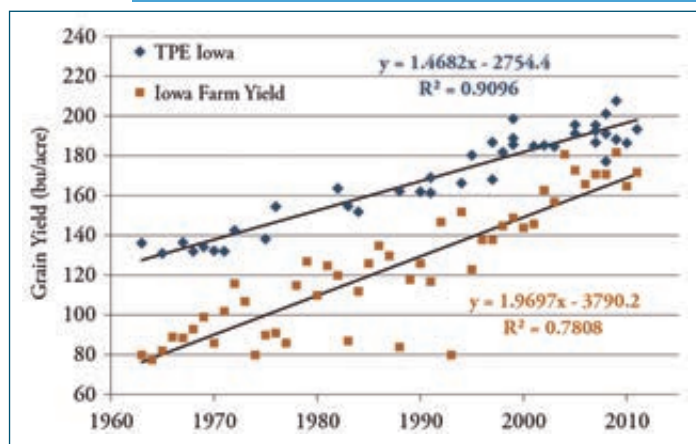
El aumento en las densidades de plantas, con un 21% de los incrementos de rendimiento del maíz debidos a este factor, ha sido, después del incremento de la fertilización nitrogenada, la técnica de cultivo que más ha contribuido a la mejora de las producciones (Carwell, 1982). El incremento de la densidad de siembra ha sido posible principalmente gracias a la obtención de híbridos más resistentes al estrés y con menos variabilidad entre plantas (Tollenaar y Wu, 1999), mejorando en resistencia al encamado (donde las variedades transgénicas tienen su papel), en resistencia a la esterilidad de las mazorcas, en la sincronía en la aparición de sedas y polen y en una arquitectura de las raíces más verticales, principalmente (Duvick, 2005).

Un aspecto importante que señalan tanto Duvick (2005) como Serra *et al.* (2007), es la diferencia de rendimiento de los híbridos obtenidos en campos de ensayo y los conseguidos por los agricultores. En ensayos en EE.UU., concretamente en Iowa (Smith *et al.*, 2014), se observó en sus condiciones una diferencia de unos 1.880 kg/ha de media entre 1960 y 2012 entre los dos



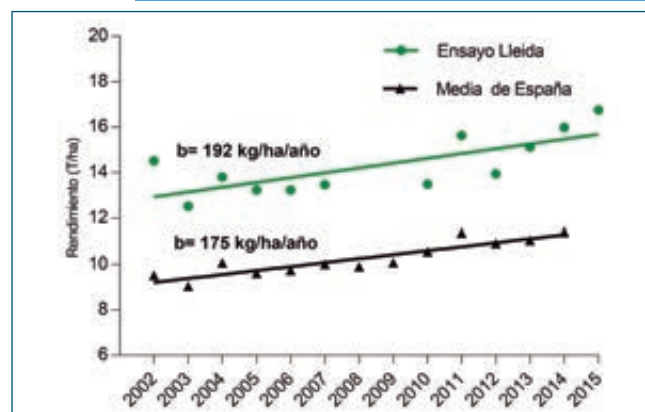
Campos comerciales en Torres de Alcanadre (Huesca).

FIG 3. Producciones medias de los híbridos de la empresa Pioneer en ensayos de campo comparados con la producción media del estado de Iowa (EE.UU.).



TPE (Ensayos de variedades), Iowa Farm Yield (rendimientos comerciales de los agricultores).
Fuente: Smith et al., (2014).

FIG 4. Evolución del rendimiento de grano de maíz (14% humedad) en el ensayo de Lleida (2002-2015) y de la media de la producción comercial en España (2002-2014).



Fuente: Datos propios y FAO (2016).

tipos de cultivo (ensayos en comparación con campos comerciales), aunque ha ido acercándose en los últimos años como podemos ver en la **figura 3**. De una manera similar, Serra et al., (2007) determinaron que en los regadíos de Lleida, la diferencia entre los campos de ensayo y las medias de producción en los regadíos de la provincia fue de unos 3.000 kg/ha.

Resultados en Lleida

Como se ha venido comentando en el artículo, los incrementos de producción son el resultado de la interacción del genotipo (variedad) x ambiente (prácticas culturales). En nuestro caso presentamos las producciones obtenidas desde el año 2002 hasta 2015, en un mismo campo de ensayo en los regadíos de Lleida en riego por aspersión. Cada dos años se empleó una variedad comercial distinta que, según los ensayos de variedades de ciclo largo de la región, quedaba entre las primeras (Serra et al., 2007; López, et al., 2013). Los híbridos empleados en nuestro ensayo a lo largo de los doce años fueron: Dracma (Funk's) en 2002 y 2003, Sele (Monsanto) en 2004 y 2005, Helen (Limagrain) en 2006 y 2007,

DKC6666 (Dekalb) en 2010 y 2011, Lerma (Fitó) en 2012 y 2013, y PR33Y72 (Pioneer) en 2014 y 2015.

Durante estos años se mantuvo la misma fertilización nitrogenada (300 kg N/ha) a base de nitrato amónico, si bien a lo largo de los años se ha cambiado la forma de aplicarlo con el fin de aumentar su eficiencia. Entre los años 2002 y 2005 se aplicaron 50 kg N/ha en fondo y el resto en una cobertera. A partir del año 2005 todo el N se aplicó en dos o tres coberteras, y na-

da de N en fondo ya que en el suelo quedaba mucho N residual del año anterior. El cultivo se regó con unos 6.500 m³/ha, dependiendo de las condiciones climáticas de cada año.

Así mismo, la densidad de siembra cambió a lo largo de los años, pasando de 8 plantas/m² en 2002 a 9,5 plantas/m² en 2015, y así adaptarnos a las recomendaciones de los híbridos más recientes. La nascencia fue buena todos los años y no hubo problemas de encamado o enfermedades.



Demostración de variedades de maíz al lado de la carretera (Iowa, EE.UU.).

Los resultados del ensayo de Lleida se muestran en la **figura 4**. En las condiciones de cultivo del ensayo, los rendimientos de grano (de 2002 a 2015) aumentaron anualmente 192 kg/ha, lo que representa un 1,3% anual de incremento de producción. La media de producción del ensayo, durante todos los años del mismo fue de 14,3 t/ha. La biomasa total del cultivo también aumentó, a razón de 233 kg/ha/año (al 0% humedad).

Ello fue debido posiblemente a que el índice de cosecha (producción de grano/ producción de biomasa total) aumentó de 0,47 en 2002 a 0,51 en 2015. Nuestros incrementos de rendimiento son muy parecidos a los 185 kg/ha/año obtenidos previamente en Lleida, y algo menores que los 225 kg/ha/año obtenidos en Girona, publicados por Serra *et al.*, (2007) hasta el año 2006.

Los rendimientos medios de nuestro ensayo (14,3 t/ha) han sido superiores a la media de los regadíos de la provincia de Lleida (10,3 t/ha), en unas 4 t/ha (DAAM, 2012).



Vista general ensayo de abonado nitrogenado.

Conclusiones

El último estudio realizado sobre incrementos de rendimiento de maíz en España establecía que la ganancia durante el periodo de 1967-2006 había sido de 193 kg/ha/año. Con este artículo se pone de manifiesto que los rendimientos han continuado aumentando hasta 2015 tanto en el global de España como en los regadíos de Lleida.

En los últimos diez años (2004-2014), la media de rendimiento del maíz para el conjunto de toda España ha aumentado a razón de 176 kg/ha/año.

Además, un ensayo de campo de larga duración llevado a cabo en Lleida ha mos-

trado una ganancia anual de 192 kg/ha para el periodo 2002-2015.

Estos datos nos llevan a concluir que en nuestras condiciones de cultivo, cuidando bien el riego, así como la aplicación de N, la densidad de siembra y el control de malas hierbas, los rendimientos de maíz siguen aumentando año tras año. ■

BIBLIOGRAFÍA

Carwell, V.B. 1982. Fifty years of Minnesota Corn production. *Agron. J.* 74:984-990.

Cooperativas agroalimentarias España. 2016. Valoración de la cosecha de cereales 2016. <http://www.agro-alimentarias.coop/ficheros/doc/04972.pdf>

DAAM. 2012. Aforament de la collita de blat de moro a Catalunya. Estudi de prospectiva agrària i Alimentària. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya. Barcelona

Duvick, D.N. 2005. The contributions to breeding to yield advances in maize (Zea Mays L.). *Advances in Agronomy* 86: 83-145.

FAO. 2009. Como alimentar al mundo, 2050. Roma 12-13 Octubre 2009.

FAO. 2016. Rendimientos de los cultivos. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>.

López, A., Serra, J., Capellades, G., Betbese, A. 2013. Noves varietats de blat de moro per a gra. Dossier Tècnic 60: 3-15. Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural. Generalitat de Catalunya.

Krishna, K.R. 2013. Maize agroecosystem. Apple Academic Press. Oakville. Canada.

MAGRAMA. 2016. Evolución de las superficies y producciones en España. Anuario de Estadística. Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio ambiente. Madrid.

Mahuad, S.L., Paccapelo, M.V. 2014. Incremento de potencial de rendimiento de los híbridos de maíz en Argentina durante 1993- 2012. X Congreso nacional del maíz. Rosario, Argentina. 3-5 setiembre.

Nielsen, R.L. 2012. Historical Corn Grain Yields for Indiana and the U.S. Purdue University. Purdue corny news network. <http://www.kingcorn.org/news/timeless/YieldTrends.html>.

Piroux, F., Ruget, F., Lacroix, B., Renoux, J.P., Charcosset, A. 2009. Maïs grain: une progression des rendements soutenue par le progrès génétique. *Perspectives Agricoles*. N° 355. Avril 2009.

Serra, J., Voltas, J., López, A., Capellades, G., Salvia, J. 2007. Nuevas variedades de maíz en Cataluña. Contribución de la mejora genética al incremento de los rendimientos del maíz en Cataluña. Dossier tècnic: 19: 3-10. Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural. Generalitat de Catalunya.

Serra, J., López, A., Sayeras, R., Betbesé, J.A., Capellades, G. 2015. Varietats Comercials de blat de moro per a gra de Cicles 700 i 600. Dossier Tècnic 76: 3-10 Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural. Generalitat de Catalunya.

Smith, S., M. Cooper, J. Gogerty, C. Löffler, D. Borchering and K. Wright. 2014. Maize. In *Yield Gains in Major U.S. Field Crop*.

Tollenaar, M., Wu, J. (1999). Yield improvement in temperate maize is attributable to greater stress tolerance. *Crop Science*, 39(6), 1597-1604.

Van Becelaere, G., Wallace, J.C., Cela, M.D., Lustig, S.B., Tambascio, W.J., Melani, M.D., Sarinelli, J.M.,



Campos de maíz en secano (Vall d'en Bas, Girona).